futuro
Suplemento de ciencias de **Página/12**
Año 16 / Nº 827 | 22 . 01 . 2005

POR MARIANO RIBAS

EXITOSO DESCENSO DE LA SONDA HUYGENS

Bienvenidos a Titán

Hace una escasa semana, por primera vez, una sonda aterrizó en Titán, la gran luna de Saturno, a 1500 millones de kilómetros de la Tierra. Por ahora (y sólo por ahora), es el lugar más lejano visitado en profundidad por la tecnología humana, un sitio que fue predilecto de los escritores de ciencia ficción, y de los astrónomos que esperan encontrar en su espesa atmósfera quizá trazas de vida o previda, o rastros e indicios de cómo era la Tierra primitiva, hace 3500 millones de años, cuando los continentes eran nuevos, a formarse, y nada respiraba aún. Hay algo audaz y definitivo en este paso, hay algo profundamente humano y tecnológico que se agita al escuchar los vientos de Titán, al mirar las fotos de las llanuras de Titán, al ver que se logró posar un delicado aparato allí donde parecía que nunca se iba a llegar.

Finalmente, la súper luna de Saturno dejó caer su pesado velo anaranjado: hace unos días, la sonda europea Huygens se zambulló a toda velocidad en la gruesa atmósfera de Titán y, después de una impecable maniobra de descenso, se posó suavemente en su helada superficie. Por primera vez en la historia, y gracias a su embajadora, la humanidad pudo contemplar un puñado de imágenes transmitidas desde un mundo tres mil veces más lejano que la Luna. Postales que muestran paisajes eternamente sumergidos en espesas brumas orgánicas, salpicados por suaves y redondeados bloques de hielo, y atravesados por probables ríos de metano líquido. De un día para el otro, Titán se nos reveló. Para la pequeña nave fue la espectacular culminación de siete largos años de viaje interplanetario. La misión de la Huygens apenas duró unas horas y, sin embargo, nos ha dejado cientos de fotos y cataratas de datos preciosos, que los científicos recién están comenzando a cosechar. Es un tremendo legado que no sólo arrojará luz sobre uno de los integrantes más fascinantes del Sistema Solar sino, también, sobre los comienzos de la vida en la Tierra.

UN MUNDO REVELADO

Se la mire por donde se la mire, Titán es una luna fuera de serie. De hecho, es tan grande que si no estuviera atada a la gravedad de Saturno sería un planeta más. Encima, tiene una robusta atmósfera que el propio Marte envidiaría. No es raro entonces que, desde que fuera descubierta por el gran Christiaan Huygens, hace ya tres siglos y medio, se convirtiera en uno de los objetos más estudiados del barrio solar. Y tampoco es raro que una máquina construida por el hombre finalmente llegara hasta allí.

Esta gran aventura espacial comenzó el 15 de octubre de 1997, cuando la nave doble Cassini-Huygens, de más de cinco toneladas de peso, despegó desde Cabo Cañaveral. Su destino final era estudiar, como nunca antes, a Saturno y su formidable ejército de satélites, especialmente, claro, Titán. La misión fue el resultado de una alianza científico-espacial entre la NASA, que construyó a la Cassini, y la Agencia Espacial Europea (ESA) junto a la Agencia Espacial Italiana (ASI) que dieron a luz a la Huygens. El viaje fue largo, e incluyó varias maniobras de "asistencia gravitatoria" (la máquina se acercó dos veces a Venus, una a la Tierra y otra a Júpiter) que no sólo la aceleraron sino que también la ayudaron a tomar la ruta correcta hasta Saturno. Finalmente, el 1º de julio del año pasado, la nave-madre Cassini, con su hija Huygens prendida a un costado, se colocaron en órbita del gigantesco mundo anillado (ver **Futuro** del 26/6/04). Vagaron juntas durante meses, sobrevolando al sistema de anillos del planeta y a varias de sus lunas. Pero un día, madre e hija se separaron, y cada una siguió su propio destino: a las 23.00 del pasado 24 de diciembre (hora argentina), Huygens se desconectó de la nave de la NASA (que seguirá su exploración del sistema de Saturno durante al menos tres o cuatro años más). E inmediatamente puso su proa rumbo a Titán. Durante las siguientes tres semanas, la sonda europea, con forma de disco y poco más de 300 kilos, recorrió prácticamente "dormida" (para ahorrar energía) los 4 millones de kilómetros que la separaban de su ansiado objetivo. Poco antes de llegar, una triple alarma la despertó: era el final de su periplo, y el comienzo de su hazaña.

ZAMBULLIDA EN LA ATMÓSFERA

La mañana del pasado viernes 14 fue tremendamente emotiva, especialmente para los científicos europeos que seguían la misión desde el Centro de Operaciones Espaciales de la ESA, en Darmstadt, Alemania. Más allá de lo que estaba en juego ("una oportunidad de una vez en la vida", tal como la calificaron muchos expertos), había un dato que sumaba aún más dramatismo a la escena: la suerte de la Huygens era un completo misterio, dado que todas sus maniobras finales, destinadas al descenso en Titán, ya estaban programadas. Sólo restaba esperar sus señales de vida. Señales que serían recibidas y retransmitidas a la Tierra por la Cassini, que contemplaba la escena a la distancia. Y que llegarían hasta los radiotelescopios de la Deep Space Network de la NASA (una red de antenas ubicadas en Estados Unidos, España y Australia) con una demora de algo más de una hora, porque debían atravesar 1200 millones de kilómetros de espacio interplanetario. Afortunadamente, las cosas salieron a las mil maravillas: a las 7.13 (hora argentina), y a una altura de 1200 kilómetros de la superficie, la intrépida sonda se zambulló a más de 20.000 km/hora en la gruesa atmósfera de Titán. Y por culpa de la fricción, su escudo térmico debió soportar temperaturas de 2700 C. Sin esa protección, la Huygens se habría



CIBERGUERRAS EN EL SIGLO XXI

Ataques invisibles

POR FEDERICO KUKSO

En el siglo VI a.C., un general chino llamado Sun Tzu –del que se sabe poco y nada– volcó todos sus conocimientos bélicos en unas tiras de bambú que devendrían en tratado: *El arte de la guerra*. El guerrero sin experiencia –deseoso de introducirse en la profesión sanguinaria y poco higiénica de cortar maquinalmente cabezas con machetes– podía encontrar en él los secretos estratégicos guardados con más saña por los altos funcionarios encargados de dictar los caminos de la destrucción. No por nada es uno de los libros de cabecera de tiranos y corsarios de la libertad, y con los siglos se volvió –junto a la Biblia y el Corán– en uno de los *best-sellers* más perennes de la historia letrada de la humanidad.

Sus argumentos son axiomáticos y caen con un ritmo telegráfico casi hipnótico: "Conozca al enemigo y conózcase a usted mismo. El arte de la guerra se basa en el engaño. Por lo tanto, cuando es capaz de atacar, ha de aparentar incapacidad. Si está cerca del enemigo, ha de hacerle creer que está lejos; si está lejos, aparentar que se está cerca. Poner cebos para atraer al enemigo. Golpear al enemigo cuando está desordenado. Si tu oponente tiene un temperamento colérico, intenta irritarle. Ataca al enemigo cuando no está preparado, y aparece cuando no te espera (...). Un líder hábil es el que logra derrotar las tropas del enemigo sin luchar, el que captura ciudades sin sitiarlas. Estas son las claves de la victoria para el estratega". Y aunque las frases reluzcan el brillo ciego del sentido común, son tan actuales como los sinsentidos de los libros *light* de Dan Brown y del último grito del mercado editorial. La obra magna de Tzu fue reinterpretada de las mil maneras posibles, y en cada una de sus relecturas ganó una nueva deformación (si no, véase su aplicación en las estrategias de marketing para vender lo invendible). Y la moda no para: el mafioso número uno de la ficción actual, Tony Soprano, lo cita sin hartarse y hoy *El arte de la guerra* es la biblia de lo que vino a llamarse la "ciberguerra" en la nueva era de la información.

Con la apertura pública de Internet y la World Wide Web a mediados de los '90, el mundo sufrió una fractura. O más bien se le sumó un territorio parásito y desustanciado, sin puestos fronterizos, sin visas ni pasaportes, sin noches y sin días: había nacido el continente de lo virtual. Los acontecimientos se sucedían (y suceden) en paralelo como si no se rozaran o fueran completamente independientes. Mientras que en uno llueven bombas las 24 horas seguidas sobre los jardines de la invención de Occidente y las olas gigantes devoran ciudades asiáticas con nombres exóticos, en el otro, ceros y unos se recombinan en una danza perpetua para volverse sitios web e imágenes efímeras. Pero, poco a poco, la brecha se acorta y el *supuesto* rol reflejo de la web (esto es, la tarea de mostrar lo que pasa en el mundo físico) se alterna con el papel de la acción: si a la guerra del Golfo, que abrió los '90 con la operación "Tormenta del Desierto", se la etiquetó como la "guerra de la televisión" –con pantallas rebosantes de tiros, parecidas a las de videojuegos, y sin muestras de sangre– y coronó el poder de penetración ideológica de la CNN, la invasión a Afganistán e Irak bien se la podría conocer de ahora en más como la "guerra de Internet". Y no tanto por lo que se dijo de ella en la red.

Es que desde el 11-S (una fecha que ya no requiere aclaración alguna), en los sótanos del Pentágono y las oficinas sin número de la CIA comenzaron a pergeñarse nuevas y más efectivas formas de destrucción a distancia con elobjetivo de interferir o destruir los sistemas de información del enemigo ocasional (países o corporaciones) sin la necesidad de movilizar a través de miles de kilómetros tropas ni armamentos de más. Las bombas en esta ocasión son los virus informáticos (y sus difusores, los "cibersoldados") que arrecian en batallas virtuales con bajas del todo reales.

A diferencia de los ataques ya usuales de los hackers, en la ciberguerra las incursiones no son aisladas sino estratégicamente planeadas en conjunto y dirigidas a desactivar servicios de luz, teléfono, radares y baterías antiaéreas, congelando así al enemigo antes de arrasar con misiles (que caen más de lo usual sobre hospitales y casas; el llamado "daño colateral") y demás artillería pesada. Son ataques paralelos cuyas bases más resguardadas son los trece principales servidores mundiales que controlan Internet por completo. Y una de sus armas estrella es un programa de computadora llamado "Carnivor", capaz de hallar como una aguja en un pajar (en este caso, un pajar de *links*) correos electrónicos y conversaciones en los que desfilen palabras como "bomba", "Osama" y "Jihad" (guerra santa).

Lo curioso es que todo esto es legal. De hecho, el gobierno estadounidense sistematizó los ataques informáticos a través de la "Directiva Presidencial Nº 16 de Seguridad Nacional", firmada por el ahora reelecto presidente George W. Bush, que consiste en un protocolo de acción similar al que estipula cómo y cuándo utilizar armas nucleares.

Pero allí donde está su fuerte (el avance tecnológico estadounidense), también descansa su talón de Aquiles. Con casi el 40 por ciento de computadoras en el mundo, Estados Unidos es un país hiperdependiente de la redes informáticas (defensa, energía, telecomunicaciones, finanzas). Y un no muy costoso contraataque del mismo estilo podría terminar paralizándolo y abrir las puertas a un nuevo 11-S, equilibrando la balanza bélica. Por ejemplo, el año pasado, el virus SQL Slammer infectó en sólo diez minutos el 90 por ciento de sus servidores. Además, el sistema favorito del ejército norteamericano y la OTAN es justamente Windows, un software no sólo inestable sino con varios "agujeros" por donde los *hackers* (o cibersoldados) podrían colarse. ¿Un nuevo "Pearl Harbor electrónico" en cierne? No es que aún no haya ocurrido: en los '80, *hackers* alemanes le vendieron información a la KGB robada de computadoras ubicadas en Washington; en marzo de 1997, un croata de 15 años (que luego de arrestado declaró ser "un asceta *cool*" –signifique lo que signifique–) penetró la red de la Fuerza Aérea estadounidense en Guam; durante la guerra del Golfo, *hackers* holandeses robaron información sobre los movimientos de las tropas estadounidenses del Departamento de Defensa y se la quisieron vender a los iraquíes, quienes la rechazaron pensando que era un truco norteamericano; y la lista sigue. En el año 2000 hubo 25 mil intentos para entrar en los sistemas militares, de los que 245 fueron exitosos. Y hoy se elevan a 80 ataques por día.

Sin pólvora pero con virus, el panorama de irracionalidad destructiva sigue siendo igual.

Bienvenidos...

achicharrado. Unos minutos más tarde, cuando ya estaba a sólo 160 kilómetros de altura, la nave se liberó del escudo, abrió su primer paracaídas (al que le siguieron otros dos), y expuso su instrumental al medio ambiente atmosférico. Y al mismo tiempo, transmitió su primer "OK" a Cassini: fue la primera señal tranquilizadora. Y en la Tierra fue recibida con estruendosos aplausos, risas y llantos.

VOCES EXTRATERRESTRES

De arranque, Huygens fue concebida como una sonda esencialmente atmosférica. Y cualquier resultado extra que pudiera aportar desde la superficie misma sería considerado como una muy bienvenida yapa científica. Es que, justamente, la atmósfera es la gran atracción de Titán. Y allí fue donde la sonda apuntó todos sus cañones: durante las dos horas y media que duró el descenso, sus seis instrumentos trabajaron sin parar. Y, entre otras cosas, confirmaron que ese denso manto gaseoso está principalmente formado por nitrógeno. Y que su típico color anaranjado se debe a la presencia de complejos hidrocarburos, que se forman cuando la luz solar desarma las abundantes moléculas de metano (CH_4), que flotan por doquier. Por su parte, el termómetro de la Huygens midió unos impresionantes -203°c cuando estaba a 50 kilómetros de altura. Fue la temperatura más baja registrada en toda la misión. A medida que seguía bajando, los sensores de a bordo notaron que el metano se hacía cada vez más abundante. De hecho, cuando estaba a 20 kilómetros por encima de Titán, la nave atravesó una gigantesca nube de metano que, hasta entonces, impedía que su cámara pudiera ver y fotografiar la ansiada superficie. Más o menos a esa altura, también registró vientos de 25 km/hora.

Datos y más datos que la sonda transmitía continuamente a Cassini, que a su vez los retransmitía a la Tierra. Tantos datos, que los científicos de la ESA y la NASA reconocen que tardarán años en analizarlos a fondo. Y no sólo datos: la atmósfera de Titán permite la existencia de sonidos. Y Huygens llevaba un micrófono para captarlos. Asi fue como grabó y transmitió el ruido de los vientos que la golpeaban sin piedad. Y quizá también, el estampido de algunos truenos. Fueron los primeros sonidos extraterrestres registrados por la humanidad.

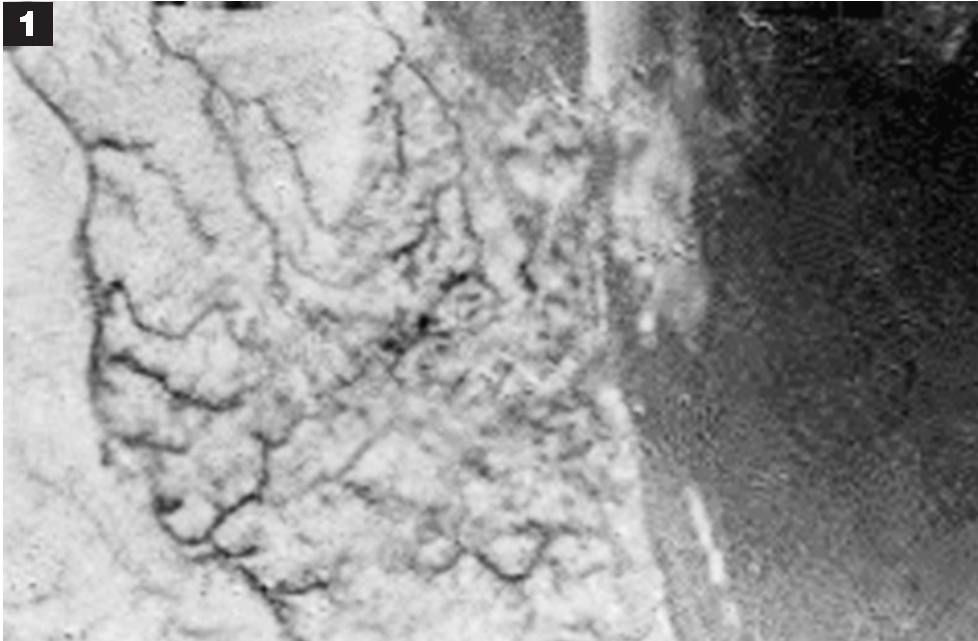
IMÁGENES DE REVELACIÓN

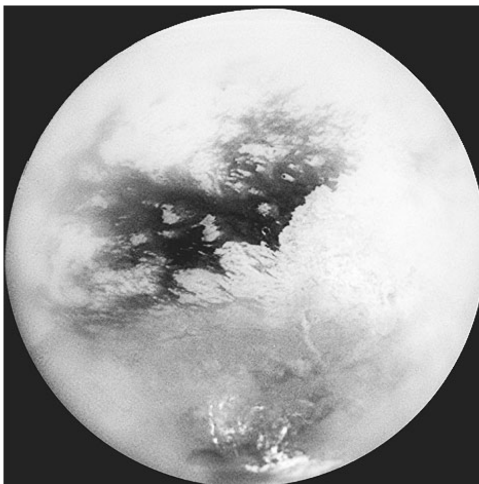
Nadie duda del inmenso valor de las mediciones atmosféricas en Titán. O del impacto de escuchar ruidos y vientos pertenecientes a otro mundo. Sin embargo, el logro más extraordinario de la nave de la ESA fueron las imágenes que fue tomando desde lo alto. Y claro, en superficie, pero para eso falta un poco. No fueron muchas las fotografías publicadas desde el viernes. Y además, no están del todo procesadas. Sin embargo, son las primeras postales de un mundo que, hasta ahora, siempre se había resistido a mostrarnos su rostro. ¿Y qué nos muestran? Veamos...

Una de las más claras (1), tomada a 16 kilómetros de altura, muestra un terreno claro atravesado por líneas oscuras y serpenteantes que culminan en una enorme área vecina (a la derecha de la foto). Al parecer, se trataría de ríos de metano líquido, u otros hidrocarburos más complejos, que desembocan en una suerte de mar. "Es algo parecido a un delta, con islas incluidas, donde están fluyendo masas líquidas, condensadas a partir de la bruma que flota sobre la superficie de Titán", explica Marty Tomasko, el científico que construyó la cámara de la nave, y que trabaja en el Laboratorio Lunar y Planetario, de la Universidad de Arizona, Estados Unidos.

Otra notable fotografía (tapa) fue obtenida a menor altura, apenas a 8000 metros del suelo. En realidad, se trata de un mosaico armado con varias imágenes anexadas. Y justamente, muestra desde lo alto la zona donde, minutos más tarde, se posaría la Huygens. Allí pueden verse unas largas estrías blanquecinas que cubren buena parte del paisaje, e incluso, algún que otro "río". Esas estrías serían, casi con seguridad, formaciones de niebla de metano (o tal vez, etano) suspendidas sobre el suelo. Algo muy similar a lo que ocurre aquí en la Tierra, pero con el agua. Hay una tercera imagen que vale la pena comentar, y es sumamente especial, porque fue tomada ya no desde lo alto sino desde la mismísima superficie de Titán. Una imagen que habla de una proeza sin precedentes.

1





2



LAS MUCHAS CARAS DE TITÁN. A 16 KM DE LA SUPERFICIE LA SONDA HUYGENS FOTOGRAFIÓ UN TERRENO CLARO ATRAVESADO POR LÍNEAS OSCURAS Y SERPEANTES. SIN EMBARGO LA MÁS ESPECTACULAR ES LA IMAGEN (DERECHA), TOMADA YA SOBRE SUELO TITÁNICO, QUE MUESTRA LO QUE SERÍAN TROZOS DE HIELO CONGELADO DESPARRAMADO EN UN TERRENO LODOSO.

¡CONTACTO!

Y la proeza ocurrió exactamente a las 9.45 (hora argentina) de aquel histórico viernes 14 de enero de 2005. Fue el aterrizaje (o tal vez, "atitanizaje") más lejano protagonizado por un aparato construido por el hombre. Y ocurrió en un rincón perdido del Hemisferio Sur del fabuloso Titán. Allí, a 1200 millones de kilómetros de casa. Allí, tres mil veces más lejos que la Luna. Hasta ese momento, nadie sabía exactamente dónde iba a descender la sonda europea: ¿acaso en un mar de metano?, ¿en una montaña de hielo? ¿o tal vez en un pantano de hidrocarburos? Lo cierto es que Huygens tocó tierra firme. O más bien, y tal como lo reveló el "penetrómetro" de la sonda, sobre un suelo formado principalmente por agua congelada, mezclada con metano y otros hidrocarburos helados. Y con una consistencia similar a la de la arena húmeda. Un sitio donde "la nave midió una temperatura de -179°c", dice Marcello Fulchignoni (Observatoire de Paris-Meudon), uno de los integrantes del equipo de la sonda de la ESA. A pesar de ese frío horroroso, la máquina continuó con vida por más de dos horas, tal como había pronosticado el francés Jean-Pierre Lebreton, manager de la misión. Y hasta se dio el lujo de tomar una histórica fotografía de su neblinoso entorno anaranjado: esa imagen (2) ha dado la vuelta al mundo y, teniendo en cuenta las circunstancias, tiene un extraordinario peso simbólico: es Titán fotografiado *in situ*. Por primera y única vez. La imagen muestra ese suelo tan deseado, sumergido en esa perenne niebla de metano (y probablemente, también etano, C_2H_6), y cubierto de cascotes de agua congelada, la mayoría de apenas unos centímetros de diámetro (parecen más grande porque están muy cerca de la cámara). Su propia forma redondeada y los pozos que los rodean fortalecen la posibilidad de que, en algún momento difícil de precisar, esas bolas de hielo hayan sido erosionadas por actividad fluvial. Esa fotografía nos habla de un paisaje triste y crepuscular. Pero, a la vez, intensamente real. Siempre existió, ajeno a toda voluntad y conocimiento humano. Y siempre nos estuvo esperando, hasta hoy.

TITÁN, LA TIERRA Y LA VIDA

Ahora, el aparato que nos reveló ese paisaje, ya se ha apagado. Y allí se quedará para siempre, envuelto en hielos y brumas. Sin embargo, las casi cuatro horas de datos e imágenes que envió a la Tierra seguirán siendo desmenuzadas por los científicos durante años y años. Y muy especialmente, todo aquello que pueda aportar nuevas pistas sobre la compleja química orgánica que se desarrolla en la atmósfera y en la superficie de la súper luna. ¿Por qué? Simplemente porque allí pueden estar las claves para entender el mismísimo origen de la vida terrestre: "Titán es una máquina del tiempo, porque nos permite estudiar las condiciones que pudieron existir en la Tierra primitiva", dice Alphonso Díaz, un científico de la NASA que participa en la misión Cassini-Huygens. "Es que allí –continúa— pueden estar preservados muchos de los compuestos químicos que sentaron las bases para la vida en nuestro planeta." Es impresionante, pero hay algo más: hoy en día, Titán es demasiado frío como para alentar chances biológicas, sin embargo, dentro de muchísimo tiempo, la chispa de la vida podría encenderse. Dentro de 6 mil millones de años, el Sol comenzará su agonía final, convirtiéndose en una gigante estrella roja. Se hinchará tanto, que sus bordes rozarán la órbita terrestre. Y entonces, antes de que nuestra estrella se apague para siempre, Titán se convertirá en un lugar cálido durante unos cuantos millones de años. Sus hielos se derretirán, y el agua líquida podrá combinarse con materiales orgánicos, creando un espeso caldo tibio. ¿Materia prima para la vida? Tal vez. Eso nunca lo sabremos.

Nuestro Titán es el Titán presente. El que nuestra generación ha podido revelar por primera vez. Y es una suerte estar aquí y ahora. El propio Christiaan Huygens hubiese dado cualquier cosa por conocer de cerca a su mundo. Vale la pena detenerse un momento a pensarlo: enviar una máquina hasta el mayor escolta de Saturno fue una hazaña prodigiosa. Una larga cadena de pasos muy precisos. Nada podía fallar. Y nada falló. A no dudarlo: correr el velo de Titán ha sido una de las hazañas científicas más grandes de todos los tiempos. Algo que debe enorgullecer a todos los habitantes de la Tierra.

UNA LUNA CON HISTORIA

Titán fue descubierto en 1655 por Christiaan Huygens, el gran astrónomo, físico y óptico holandés. Con 5150 kilómetros de diámetro es la luna más grande del planeta, y ocupa el segundo lugar en el lote de los más de 120 satélites conocidos del Sistema Solar (apenas superada por Ganímedes, de 5250 km, la mayor escolta de Júpiter). Con semejantes medidas, Titán supera incluso a los planetas Mercurio (4880 km) y Plutón (2300 km). Y no sólo es grande: tres siglos más tarde, en 1944, un compatriota de Huygens, Gerard Kuiper, descubrió que también tenía una gruesa atmósfera, un rasgo inédito entre los demás satélites planetarios.

En épocas más recientes, el interés por Titán creció tanto que la NASA lo designó "objetivo de alta prioridad" para la Voyager I, que llegó a Saturno a fines de 1980. La nave realizó un fugaz sobrevuelo sobre el satélite, y sus espectrógrafos determinaron que el 90 por ciento de la atmósfera de Titán es nitrógeno, seguido por el metano y otros hidrocarburos (como el monóxido de carbono y el cianuro). Esa misma atmósfera le impidió ver su superficie aunque, como premio consuelo, la nave pudo determinar, en forma indirecta, que allí la temperatura rondaba los -175 grados.

La atmósfera de Titán es un fenomenal laboratorio natural: continuamente, la radiación solar rompe las moléculas de metano, y sus átomos se recombinan, creando moléculas de hidrocarburos más y más complejas que, llegado cierto punto, caen sobre Titán, formando una suerte de lodo orgánico espeso que cubriría buena parte del suelo. Son precisamente todos esos compuestos orgánicos los principales responsables del color anaranjado de la atmósfera. Y a la vez parecen formar parte de un ciclo similar al que pudo existir en la Tierra hace unos 4 mil millones de años, y que dio origen a la vida, nada menos.

Durante la última década, varios supertelescopios observaron a Titán en ciertas y muy específicas longitudes de onda (en el rango del infrarrojo). Y así obtuvieron toscas vistas de sus nubes, y bocetos muy crudos de su superficie. Se detectaron posibles lluvias, mares y masas de agua helada, alternadas con parches de materiales orgánicos. Sin embargo, la única manera de conocer a Titán a fondo era viajar hasta allí; es justamente lo que acaba de suceder.

NOVEDADES EN CIENCIA

INTELLIGENTZIA MAYA

NATURE Todos saben que los mayas conformaron una cultura por demás inteligente, pero pocos saben por qué. Un grupo de astrónomos checos se ha propuesto contribuir a desasnar. Los mayas eran inteligentes, sí, y mucho más de lo que hasta hoy se creía. Según la teoría sostenida por los investigadores Jaroslav Klokocnik y Fratisek Vitek, del Instituto Astronómico de la Academia de Ciencias de la República Checa, las famosas pirámides de la zona de Yucatán y los demás edificios que supieron construir no fueron orientados según los puntos cardinales sino en relación a los polos magnéticos de la Tierra. ¿Qué significa esto? Que es ciertamente posible que los mayas conocieran la brújula antes que los chinos, a cuya civilización suele atribuirse su invención. *Ergo*, los mayas pudieron haber desarrollado la capacidad de la navegación, una característica hasta el momento desconocida de su cultura, y haber tenido en algún momento influencia sobre los océanos Atlántico y Pacífico.

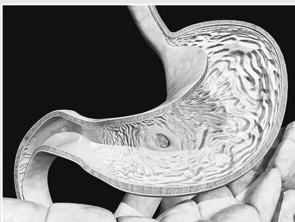


La investigación, que se extendió por casi dos años, arroja una tercera polémica, referida al famoso calendario solar maya (denominado Haab), íntimamente relacionado con los puntos cardinales y uno de los más precisos que se conocen de civilizaciones antiguas: tiene un error de 17,28 segundos comparado con el actual calendario gregoriano. Cada año maya estaba conformado por dieciocho meses de veinte días cada uno (vinales) y por cinco días "uayeb" o sobrantes. Según la teoría de Klokocnik y Vitek, de haber conocido los mayas los ejes magnéticos terrestres habría que volver a investigar la fecha de extinción de su civilización, en la actualidad estipulada hacia fines del siglo IX pero posiblemente más longeva.

Hasta el momento, la brújula parecía ser una creación china. Se supone que las primeras, que para la mayoría de los historiadores datan del siglo IV a.C., consistían en una aguja de piedra de imán a la que se apoyaba sobre un trozo de madera, en el agua. Con ella, los chinos creían poder predecir el futuro. Los mayas, como se ve, le atribuían una finalidad más útil. Ellos no creían en inventos chinos.

SEGUNDO CEREBRO

SCIENTIFIC AMERICAN La idea del hombre de la Ilustración –munido de su razón y libertad soberanas para develar y actuar en el mundo– sufrió un tropezón (que fue caída) a comienzos del siglo XX. La había empujado mortalmente un tal Sigmund Freud y su descubrimiento estrella, el inconsciente. Fue un cimbronazo fuerte: al fin y al cabo, el austríaco planteaba que lo hecho y dicho por el ser humano no siempre tenía mucho que ver con la voluntad y el conocimiento, sino con aquella desconocida estructura psíquica que se filtraba en los sueños.



Los años pasaron y la razón entronizada sumó un nuevo enemigo: el estómago. Desde hace seis décadas el sistema digestivo es estudiado puntillosamente como si tuviese mente propia. "El sistema nervioso del intestino, por ejemplo, tiene los mismos tipos de células nerviosas que el cerebro", dice el anatomista Michael Gershon, de la Universidad de Columbia, Estados Unidos. Pero eso no es todo: según parece, también hay en ellos mensajeros químicos como la serotonina, hasta ahora sólo encontrada en el cerebro.

Increíblemente, las investigaciones demuestran que el estómago toma sus propias decisiones. Diferentes comidas requieren diferentes respuestas y especiales programas de movimientos –llamados "peristálticos"– coordinados por un nudo de nervios en el tracto digestivo de cien mil millones de células nerviosas (más que en la médula). Los científicos más extremos arriesgan que este segundo cerebro sería el responsable de hundir a la persona en pozos de tristeza profunda y de alegría descontrolada.

Y otro dato para tener en cuenta: en total, el sistema digestivo hospeda un asombroso zoológico de 500 especies de bacterias. La mayoría son benéficas para el organismo, pero otras simplemente dañan, como la salmonella y la campylobacteria, por ejemplo. Razón de más para analizar eso de sentir mariposas en el estómago.

IMAGEN DE LA SEMANA



Es brillante, metálico y totalmente inquietante. Y lo encontró en su camino el robot Opportunity a principios de enero ni más que menos que en Marte. Los científicos de la NASA presumen que se trata de un meteorito abandonado en medio del paisaje de Meridiani Planum. Datos iniciales tomados por el espectrómetro de emisión mini-térmica del robot sugieren que efectivamente la "roca" tiene altas concentraciones de metal y níquel. "No se parece a nada de lo que vimos hasta ahora en Marte", dijo el jefe de la misión, Steve Squyres, para echar un poco más de intriga al asunto.

FINAL DE JUEGO

–Bueno –dijo el Comisario Inspector–. Nos ha escrito nada menos que Carina Cortassa, una de las más fervientes defensoras de la policía en la Provincia de Santa Fe. Muy atinado todo y se me ocurre que esa persona debería dar clases de epistemología. Me gusta mucho el ejemplo de *La Ilíada* y me gustan mucho sus reflexiones sobre Copérnico, aunque hay que aclarar que no escribía en polaco, sino en latín. Justamente, tal vez ése haya sido su error. Si en vez de escribirlo en latín lo hubiera hecho en idish, tal vez lo habrían leído mucho más.

–Y hay una pregunta para mí –dijo Kuhn, feliz porque alguien se acordaba de él–, ¿puede una teoría construir su propia empiria?

–Por supuesto que no –dijo el Comisario Inspector.

–Por supuesto que sí –dijo Kuhn–. El Comsario Inspector sacudió la cabeza como diciendo "todo está perdido".

Y es más –siguió Kuhn–. Toda empiria deriva de una teoría, puesto que el observador mira el mundo con los ojos de la teoría, y sólo ve o destaca los objetos que figuran en esa teoría.

–No tiene importancia –dijo el Comisario Inspector– ya que la empiria no importa **nada**. Recuerdo a un amigo que, después de visitar la Reserva Ecológica se mostró desilusionado porque "era pura empiria". Y ya que estamos, podemos plantear un enigma sobre el tema: ¿la vida es teoría o empiria?

¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Es teoría o empiria? ¿Y les parece que la Reserva Ecológica es pura empiria?

Correo de lectores

TEORIA Y EMPIRIA

1. El (ex) Jefe de Policía tuvo mala suerte. En 1543, poco antes de morir, un canónigo llamado Nicolás Copérnico publicó su libro *Sobre las Revoluciones de las Esferas Celestes*: un nuevo modelo del Universo estrictamente teórico, sin una sola remisión empírica, sin nada que le diera el más mínimo fundamento. Para mal, poblado de ecuaciones en polaco (y se sabe que las matemáticas en ese idioma son muchísimo peores que en idish, español o inglés). Al igual que al (ex) Jefe de Policía, nadie lo entendía, ni siquiera lo leían: hubo quien calificó el mamotreto de "un libro ilegible e insoportablemente aburrido". De todos modos, nadie lo echó del trabajo. Años más tarde, uno que sí lo había leído y se llamaba Galileo, se dedicó a escribir en italiano para que todo el mundo lo comprendiera, y hasta incursionó en la empiria –aunque no tanto– apuntando al cielo con sus telescopios. A éste, por su parte, no le fue demasiado bien, por lo menos en vida. Moraleja: el problema no es ser teoricista o empirista, sino el estado contemporáneo de la estupidez humana. En algunos casos ayuda, en otros te deja sin laburo o te manda a los interrogatorios de la Inquisición.

2. La teoría nunca puede deducirse de la empiria, del mismo modo que de una ciudad sitiada y con escaramuzas bélicas durante diez años no se deduce lógicamente *La Ilíada*.

3. Una pregunta para Kuhn: Si la empiria no puede construir teoría, ¿puede una teoría construir su propia empiria?

Atentamente,

Carina Cortassa

MENSAJES A FUTURO
futuro@pagina12.com.ar

FRAGMENTOS

TRES FACETAS DE LA EVOLUCION

POR STEPHEN JAY GOULD

De todos los conceptos fundamentales de las ciencias de la vida, el de la evolución es a la vez el más importante y el que más se suele malinterpretar. Dado que a veces resulta más fácil entender un tema si se explica lo que no es y lo que no puede hacer, vamos a comenzar con unos cuantos desmentidos, aplicando a la ciencia lo que G. K. Chesterton consideraba tan importante para las humanidades: "El arte es limitación; la esencia de todo cuadro es el marco."

En primer lugar, ni la evolución ni ninguna ciencia pueden acceder al tema de los primeros orígenes ni al de los principios éticos. (El propósito de la ciencia es procurar descubrir y explicar los fenómenos y pautas del mundo empírico, dando por supuesto que las leyes naturales son uniformes en el espacio y en el tiempo. Esta restricción sitúa un mundo infinito y fascinante en el "cuadro"; en general, los temas que quedan relegados al "marco" carecen de respuesta.) Así pues, la evolución no es el estudio del origen primordial de la vida en el Universo, ni del significado de la vida entre los objetos de la naturaleza; estas cuestiones son filosóficas (o teológicas) y quedan fuera del alcance de la ciencia. (Además, sospecho que carecen de respuestas de validez universal, pero éste es otro tema, que debe dejarse para otra ocasión.) Esta puntualización es importante, porque los fanáticos fundamentalistas, disfrazados de "creacionistas científicos", alegan que la creación se debe equiparar con la evolución, dedicándoseles el mismo tiempo en los colegios porque las dos son igualmente "religiosas", puesto que se ocupan de incógnitas trascendentales. Pero lo cierto es que la evolución no se ocupa de esa clase de temas y, por lo tanto, sigue siendo plenamente científica.

En segundo lugar, la evolución ha tenido que cargar con toda una serie de conceptos e interpretaciones que reflejan otros tantos prejuicios sociales y fantasías psicológicas muy arraigados en Occidente, pero que no se ajustan a los hechos de la naturaleza. Seguramente, dicho "lastre" era inevitable en una disciplina que toca tan de cerca temas que afectan profundamente a los seres humanos, pero esta pesada sobrecarga social nos ha impedido llevar a pleno término la revolución de Darwin. El más pernicioso y entorpecedor de estos prejuicios es el concepto de progreso: la idea de que la evolución obedece a una fuerza impulsora o que manifiesta una irresistible tendencia hacia una mayor complejidad, un mejor diseño biomecánico, un cerebro más grande o cualquier otra definición de progreso, propia de mentes estrechas y centrada en el eterno deseo humano de situarnos por encima del resto de la naturaleza y, de ese modo, ejercer nuestro derecho natural a dominar y explotar el planeta.

La evolución, según la formulación de Darwin, es la adaptación a los cambios en el entorno local, no un "progreso" universal. Una estirpe de elefantes que evoluciona mientras los hielos avanzan, desarrollando una capa de pelo cada vez más gruesa hasta transformarse en mamuts lanudos, no constituye un modelo superior de elefante en ningún sentido general, sino simplemente un elefante mejor adaptado a las condiciones locales, cada vez más frías. Por cada especie que se vuelve más compleja en su proceso de adaptación a su ambiente, hay una o más especies de parásitos que viven dentro de su cuerpo y que, por lo general, presentan una anatomía muy simplificada en comparación con la de sus antepasados de vida libre. Y, sin embargo, estos parásitos están tan bien adaptados al ambiente interno de su huésped como el huésped a las exigencias de su ambiente externo.

En su formulación minimalista y esquemática, la evolución es una idea muy simple con una enorme gama de implicaciones. El concepto básico incluye dos ideas relacionadas que se han convertido en la base de dos de las disciplinas fundamentales de la historia natural: la taxonomía (la ordenación de las relaciones de parentesco entre los organismos) y la paleontología (la historia de la vida). La evolución significa: 1) que todos los organismos están emparentados, ligados por lazos genealógicos que se remontan hasta antepasados comunes, siguiendo las ramas del árbol de la vida; y 2) que a lo largo del tiempo, las estirpes alteran su forma y su diversidad, por un proceso natural de cambio: la "descendencia con modificación", según la expresión de Darwin. Esta idea, simple a la par que profunda, da respuesta inmediatamente a la gran cuestión biológica de todos los tiempos: en qué se basa el "sistema natural" de relaciones entre los organismos (los gatos están más próximos a los perros que a los lagartos; todos los vertebrados se parecen más entre sí que cualquiera de ellos a un insecto... un hecho que siempre ha llamado la atención y que se ha considerado maravilloso y misterioso a la vez, desde mucho antes de que la evolución explicara la razón). Las explicaciones anteriores no resultaban satisfactorias porque eran bien incomprobables (la mano creadora de Dios dando forma a cada especie, una hipótesis en la que las relaciones taxonómicas representarían el orden de los pensamientos divinos), bien absurdas e incomprensibles (la clasificación de la materia orgánica considerando las especies como lugares naturales, como los elementos químicos en la tabla periódica). La explicación evolutiva del sistema natural es asombrosamente simple: la relación es genealógica; los seres humanos se parecen a los monos porque tenemos un antepasado común bastante reciente. El orden taxonómico es un registro de la historia.

Pero el hecho básico de la genealogía y el cambio –la descendencia con modificación– no basta para conferir a la evolución la categoría de ciencia. La ciencia tiene dos misiones: 1) descubrir y registrar el estado fáctico del mundo empírico; y 2) diseñar y poner a prueba explicaciones de por qué el mundo funciona como funciona. La genealogía y el cambio sólo representan la solución al primer objetivo: una descripción del hecho de la evolución. Pero también queremos conocer el segundo objetivo, los mecanismos del cambio evolutivo, la explicación de las causas de la descendencia con modificación. Darwin propuso el mecanismo de cambio más famoso y mejor documentado, un principio al que llamó "selección natural".

La realidad de la evolución está tan bien documentada como cualquier otro hecho comprobado por la ciencia; es algo tan seguro como nuestra convicción de que la Tierra gira alrededor del Sol, y no al revés. Pero el mecanismo de la evolución sigue siendo objeto de apasionantes controversias. La ciencia siempre resulta más estimulante y fructífera cuando se enfrasca en debates fundamentales acerca de las causas de hechos bien documentados. La selección natural de Darwin ha sido confirmada por estudios exhaustivos y elegantes, y ha demostrado ser un mecanismo muy potente, sobre todo para la revolución de adaptaciones de los organismos a su ambiente local, lo que Darwin llamaba "esa perfección de estructura y coadaptación que provoca una admiración muy justificada". Pero la historia de la vida a gran escala incluye otros fenómenos en los que podrían haber influido también otras causas (los efectos potenciales del azar, por ejemplo, en otro determinante fundamental de los patrones de la vida: qué grupos sobreviven y cuáles desaparecen en episodios de extinción catastrófica).

La respuesta más directa y contundente a la pregunta "¿y a nosotros qué nos importa?" se encuentra en la mente humana, y por motivos que yo no pretendo explicar. Siempre nos han fascinado los lazos físicos de parentesco y ascendencia; nos parece que rastreando nuestros orígenes genealógicos podremos conocernos mejor y saber quiénes somos en algún sentido fundamental. Rebuscamos en los cementerios y en los registros parroquiales; escudriñamos las biblias familiares y preguntamos a nuestros parientes más ancianos, todo para llenar los vacíos de nuestro árbol genealógico. El estudio de la evolución es el mismo fenómeno, pero a una escala mucho más global, con raíces mucho más largas. La evolución es el árbol genealógico de nuestras razas, especies y grupos zoológicos, y no sólo de nuestro insignificante apellido. En la medida en que la ciencia puede abordar este tipo de cuestiones, la evolución responde a las perturbadoras y fascinantes preguntas del tipo de ¿quiénes somos?, ¿con qué otros seres estamos emparentados, y cómo?, ¿cuál es la historia de nuestra interdependencia con el mundo natural?, ¿por qué estamos aquí? Aparte de esto, creo que quien mejor expresó la importancia de la evolución en el pensamiento humano fue Sigmund Freud cuando declaró, con aguda y reveladora ironía, que todas las grandes revoluciones científicas tienen una cosa en común: todas atacan la arrogancia humana, derribándola de un pedestal tras otro de convicciones anteriores acerca de nuestra posición central y preponderante en el universo. Freud mencionaba tres de estas revoluciones: la copernicana, que nos desplazó desde el centro del escenario en un universo pequeño a un diminuto peñasco periférico en un universo de vastedad inconcebible; la darwiniana, que "nos relegó a descendientes del mundo animal"; y (en una de las declaraciones menos modestas de la historia intelectual) la suya propia, que descubrió el inconsciente y demostró el carácter irracional de la mente humana.

¿Qué podría resultar más humillante, y por lo tanto más liberador, que pasar de considerarnos "sólo un poco por debajo de los ángeles", dominadores legítimos de la naturaleza, creados a imagen y semejanza de Dios para someter y moldear la Tierra... a saber que sólo somos productos naturales de un proceso universal de descendencia con modificación (y, por lo tanto, emparentados con todas las demás criaturas), y que para colmo somos sólo una pequeña ramita, recién brotada y destinada a desaparecer, del frondoso árbol de la vida y no la cumbre predestinada de una escala ascendente de progreso? Es algo que destroza la certidumbre complaciente y al mismo tiempo aviva los fuegos del intelecto.

Stephen Jay Gould (1941-2002) era paleontólogo, biólogo evolucionista, historiador y divulgador de la ciencia. Entre sus mejores libros figuran La falsa medida del hombre, La sonrisa del flamingo, Bully el Brontosaurio *y* Wonderful Life.

